

クロックドライバボードの駆動試験 2：フォトカプラとアナログスイッチの応答

本原 顕太郎

1996 年 5 月 28 日

概要

・尾崎さんのアドバイスを基に、フォトカプラ回りの抵抗値を $R5 = 330\Omega$, $R6 = 1k\Omega$ に決定した。周波数特性は極めて良好になり、 $4MHz$ 程度のクロックなら問題なく通過するようになった。

・アナログスイッチからの出力が、オペアンプを共用しているもう一方のクロックからどのような影響を受けるか調べた。結果、スパイク状のノイズが載ることがわかった。対策として、 15Ω の抵抗と $0.1\mu F$ のコンデンサを入れたところ、スパイクはほとんど消滅した。

1 フォトカプラの回路定数と周波数特性

フォトカプラの回路定数は、前回の実験の結果も踏まえ、尾崎さんとも相談した結果、 $R5 = 330\Omega$, $R6 = 1k\Omega$ とした。

$1.25MHz$ のクロックの出力は以下ようになった。

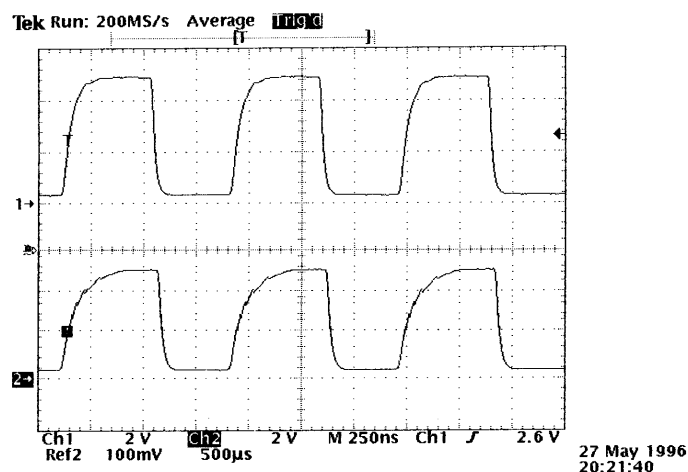


図 1: $1.25MHz$ の差動クロックに対するフォトカプラの応答。上が $R5 = 330\Omega$, $R6 = 1k\Omega$ のとき、下が $R5 = 680\Omega$, $R6 = 2k\Omega$ のとき。上の方が矩形波の肩の形が鋭くなっているのがわかる。オシロの表示はすべて 32 回サンプリングを平均して表示したもの。これ以降のオシロの表示はすべて 32 回平均である。

また、+4V に立ち上がるのにかかる時間と +1V まで立ち下がるのにかかる時間を測定した。（下図）

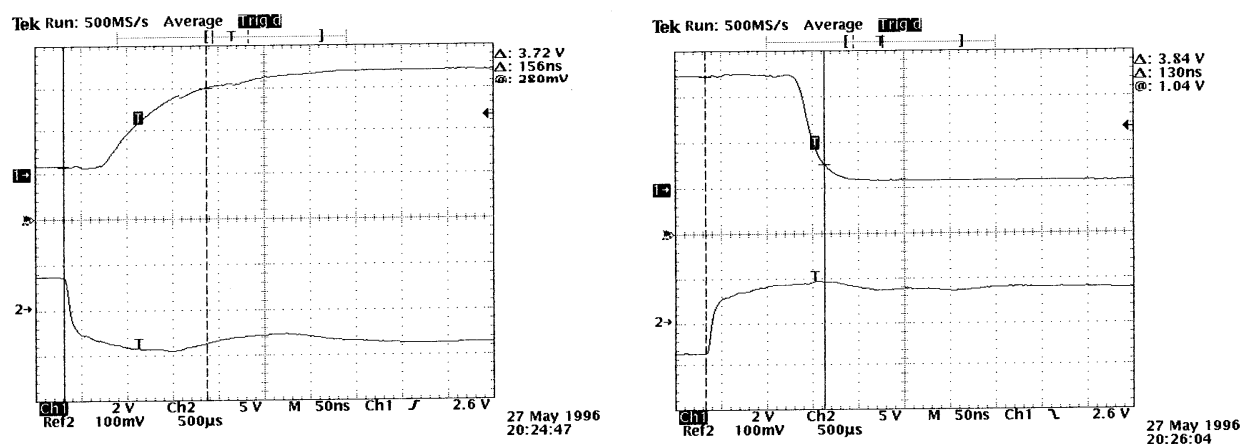


図 2: $R5 = 680\Omega$, $R6 = 2k\Omega$ のときの立ち上がりと立ち下りの遅延。それぞれ上がフォトカプラの出力、下が差動の入力

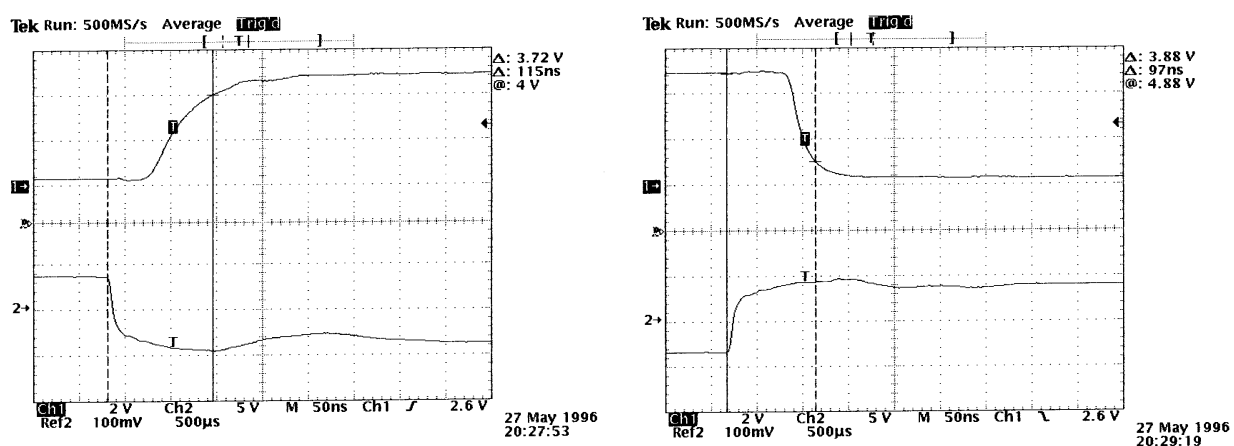


図 3: $R5 = 330\Omega$, $R6 = 1k\Omega$ のとき。

遅延時間はそれぞれ以下の通り。単位は ns 。

	立ち上がり	立ち下がり
前回	156	130
今回	115	97

カタログでのこのフォトカプラの遅延時間は $75ns$ であるから、この値は十分に満足できるものである。

また、差動入力であるためにフォトカプラに $-5V$ の逆電圧がかかる。これによる charge の残留をできるだけ防ぐためにフォトカプラの入力口に下図のように逆向きにダイオードを噛ませ、できるだけかかる逆電圧を減らすようにしたが、遅延時間や波形にはほとんど影響はなかった。ただ、フォトカプラの入力ダイオードにかかる負担を減らし、劣化を防ぐという意味では有効だろう。

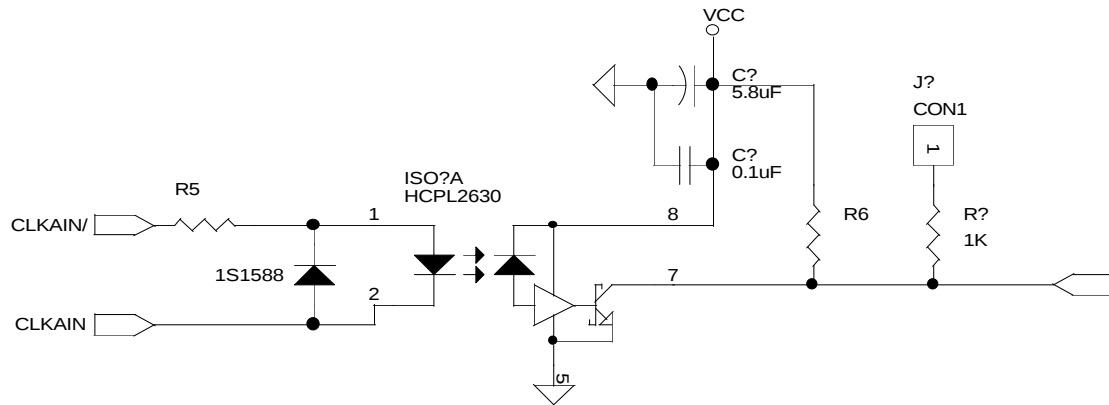


図 4: 今回用いた回路。入力部に逆電圧を減らすためのダイオードがついている。

2 アナログスイッチ出力

2.1 チャンネル間の干渉

この回路の最終的な出力は、オペアンプからの $5V$ の出力とグラウンドをアナログスイッチでスイッチングすることにより得られる。ただ、この際にオペアンプの出力は2チャンネルで共有しているため（図8）に、一方の立ち上がり／立ち下がりがもう一方の出力に影響を与えることが十分に考えられる。

この回路に片方の位相を半波長ずらした二つの波を入力したところ、以下のような出力が得られた。

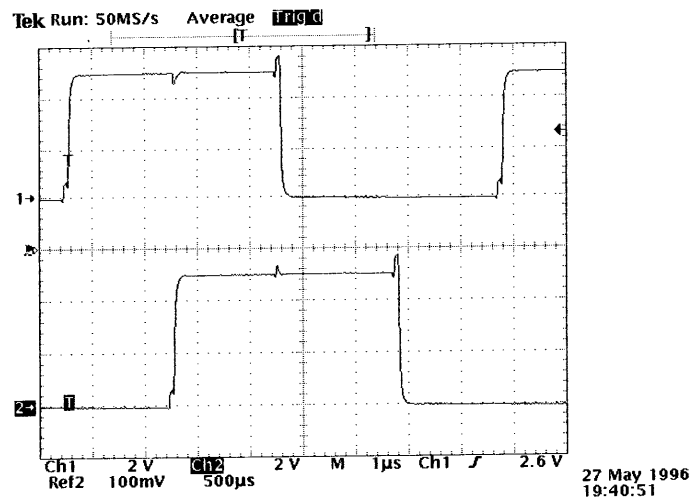


図 5: チャンネル間の干渉。一方のチャンネルが立ち上がる／立ち下がる時の急激なインピーダンスの変化でオペアンプ出力にスパイクが乗るのがわかる。

明瞭にスパイクが乗っているのがわかる。おそらく、この出力をそのまま検出器に入れても問題はないのだろうが、気持ちが悪いですのでこれを除去する。

2.2 対策

まず、オペアンプの出力とアナログスイッチの入力の間に 10Ω の抵抗を入れたがほとんど効果がなかった。そこで、更にアナログスイッチの入力の手前に $0.1\mu F$ のコンデンサを入れたところ、このスパイクは測定できないレベルにまで減少した。（下図）

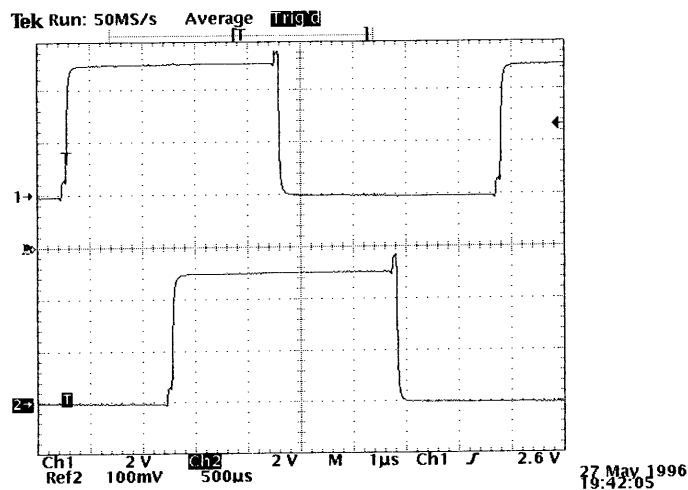


図 6: 対策後のアナログスイッチの出力。スパイクは全くなくなっている。

また、下図からわかるようにこのコンデンサを入れたことによる出力の周波数特性への影響はほとんどない。

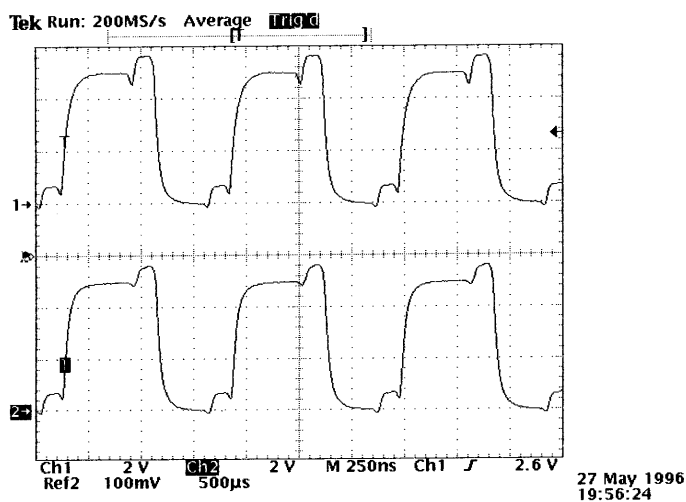


図 7: 1.25 MHz の入力に対する応答。上が対策前、下が対策後。

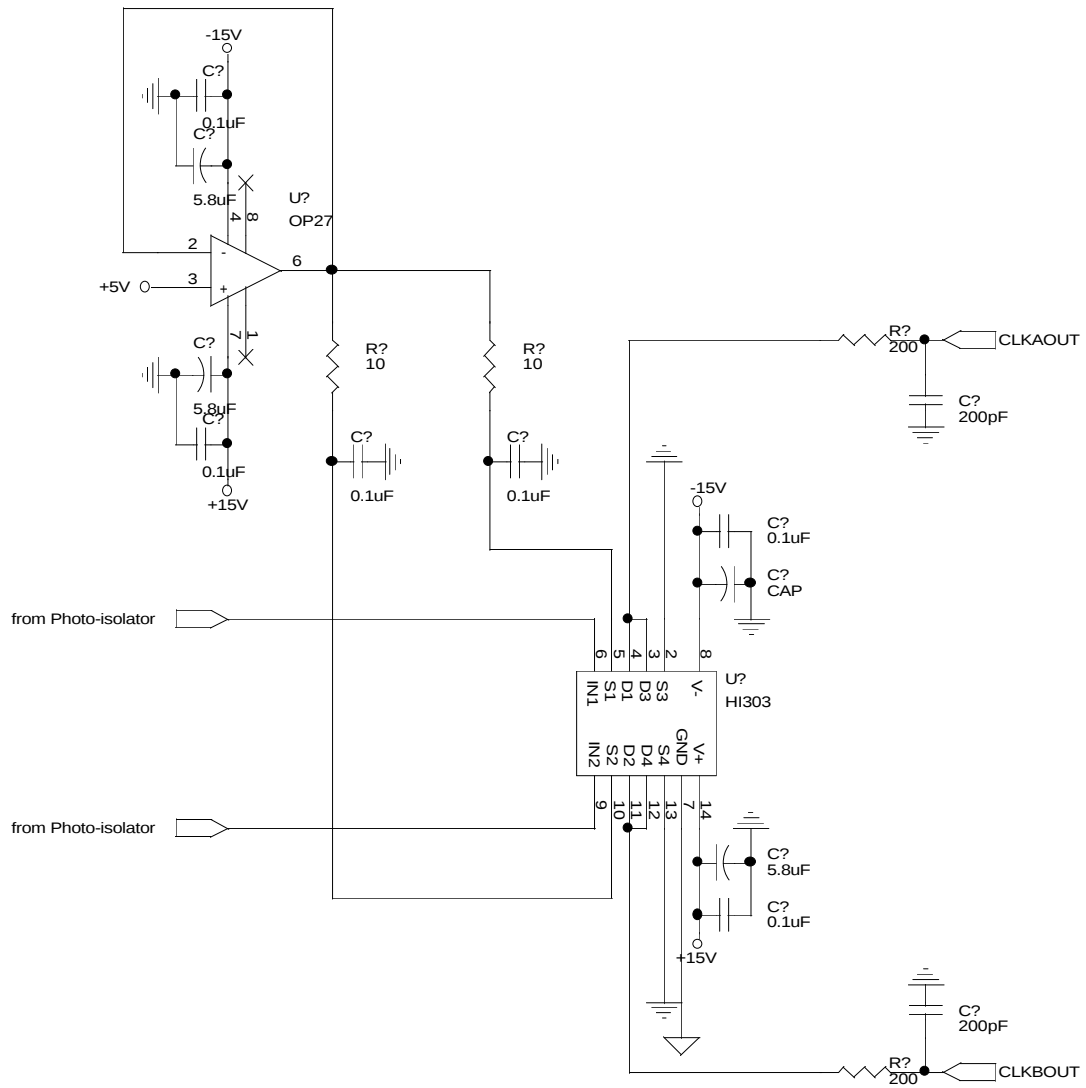


図 8: アナログスイッチによるスイッチング部。同一のオペアンプ出力から5Vをとっているため、チャンネル間の干渉が生じた。この図にあるように、対策としてオペアンプの出力とアナログスイッチの入力の間に10Ωの抵抗を入れるとともに、アナログスイッチの入力の手前に0.1μFのコンデンサを入れたところ、干渉によるスパイクは測定できないレベルにまで減少した。